

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-33740

(P2001-33740A)

(43) 公開日 平成13年2月9日 (2001.2.9)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-ト* (参考)
G 0 2 F 1/035		G 0 2 F 1/035	2 H 0 4 7
G 0 2 B 6/12		G 0 2 B 6/12	J 2 H 0 7 9

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平11-202488

(22) 出願日 平成11年7月16日 (1999.7.16)

(71) 出願人 000183266

住友大阪セメント株式会社

東京都千代田区神田美土代町1番地

(72) 発明者 下津 臣一

千葉県船橋市豊富町585番地 住友大阪セ

メント株式会社新規技術研究所内

(72) 発明者 斉藤 勉

千葉県船橋市豊富町585番地 住友大阪セ

メント株式会社新規技術研究所内

(74) 代理人 100059258

弁理士 杉村 暁秀 (外2名)

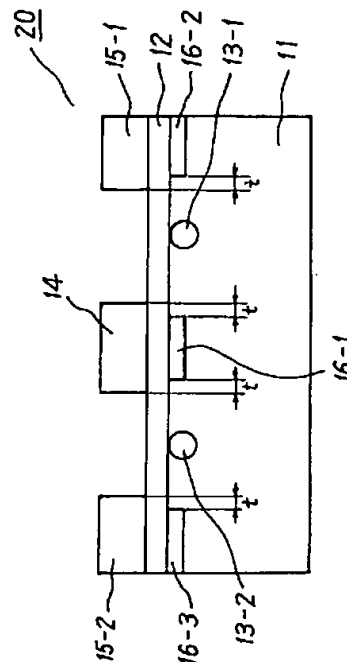
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光導波路素子

(57) 【要約】

【課題】 インピーダンス整合及び光波の干渉防止と実質上独立して駆動電圧を低減することが可能な光導波路素子を提供する。

【解決手段】 本発明の光導波路素子20は、電気光学効果を有する基板11と、この基板に形成された光導波路13-1及び13-2と、この光導波路中を導波する光波を制御するための信号電極14及び接地電極15-1及び15-2とを具える。基板11は強誘電体単結晶のXカット板からなるとともに、光導波路13-1及び13-2はマッハツエンダー型の光導波路を構成し、信号電極14と接地電極15-1及び15-2との間に形成されている。そして、基板11の、信号電極14及び接地電極15-1及び15-2が位置する部分において溝部16-1～16-3が形成されている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 電気光学効果を有する基板と、この基板に形成された光導波路と、この光導波路中を導波する光波を制御するための信号電極及び接地電極とを具え、前記基板は強誘電体結晶のXカット板からなり、前記光導波路は前記信号電極と前記接地電極との間に形成されてなる光導波路素子であって、

前記基板の、前記信号電極及び前記接地電極が位置する部分において溝部を形成したことを特徴とする、光導波路素子。

【請求項2】 前記信号電極が位置する部分に形成した溝部は、前記信号電極における幅方向の、実質的に中央部分に形成したことを特徴とする、請求項1に記載の光導波路素子。

【請求項3】 前記溝部の少なくとも一つは、前記強誘電体結晶よりも誘電率の低い低誘電体材料が充填されてなることを特徴とする、請求項1又は2に記載の光導波路素子。

【請求項4】 請求項1～3のいずれかに記載の光導波路素子において、前記信号電極と前記接地電極との間隔、及び前記信号電極に対する前記溝部の幅を制御することにより、前記光導波路素子のインピーダンス制御を行うことを特徴とする、光導波路素子のインピーダンス制御方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光導波路素子に関し、さらに詳しくは、高速・大容量光ファイバ通信システムに用いられる導波路型光強度変調器、位相変調器、及び偏波スクランブラなどに好適に使用することのできる光導波路素子に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、高速・大容量光ファイバ通信システムの進歩に伴い、外部変調器に代表されるように、電気光学効果を有するLiNbO<sub>3</sub>を基板に用いた高速変調器が実用化され、広く用いられている。

【0003】図1は、上記のような高速光変調器に用いられる従来の光導波路素子の断面図である。図1に示す光導波路素子10は、電気光学効果を有する基板1と、基板1内に形成された光導波路3-1及び3-2とを具えている。さらに、光導波路素子10は、基板1上に形成されたバッファ層2と、バッファ層2上に形成された信号電極4と、接地電極5-1及び5-2とを具えている。

【0004】基板1は強誘電体単結晶のXカット板から構成されている。また、光導波路3-1及び3-2は、それぞれ信号電極4と接地電極5-1との間、及び信号電極4と接地電極5-2との間に位置するように形成されている。さらに、光導波路3-1及び3-2は互いに

る。そして、信号電極4と接地電極5-1及び5-2との間に外部電源から所定の電圧（駆動電圧）を印加することによって、光導波路3-1及び3-2中を導波する光波の位相を変え、光変調を行うようにしている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】高速で光変調を行う場合は、信号電極4と接地電極5-1及び5-2との間に特に高い駆動電圧を印加する必要がある。このため、信号電極4と接地電極5-1及び5-2との間隔を狭くし、駆動電圧を低減する方法が採られてきた。しかしながら、これらの電極間隔を狭くすると、光導波路3-1及び3-2の間隔も狭くなってしまい、これらの導波路中を導波する光波が互いに干渉してしまう場合があった。

【0006】さらに、上記外部電源のインピーダンスは一般に50Ωであるため、光導波路素子10のインピーダンスもこれに合わせてインピーダンス整合を採る必要がある。そして、インピーダンス整合を採るためには、信号電極4と接地電極5-1及び5-2との間隔をある程度広げなければならなかった。このように、駆動電圧の低下とインピーダンス整合及び光波の干渉防止とは互いに相反する関係にあるため、上記電極間隔を小さくして駆動電圧を低減するにはある程度の限界があった。

【0007】本発明は、インピーダンス整合及び光波の干渉防止と実質上独立して駆動電圧を低減することが可能な光導波路素子を提供することを目的とする。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の光導波路素子は、電気光学効果を有する基板と、この基板に形成された光導波路と、この光導波路中を導波する光波を制御するための信号電極及び接地電極とを具える。前記基板は強誘電体単結晶のXカット板からなるとともに、前記光導波路は前記信号電極と前記接地電極との間に形成されている。そして、前記基板の、前記信号電極及び前記接地電極が位置する部分において溝部が形成されたことを特徴とする。

【0009】本発明者らは、インピーダンス制御や光波の干渉などに依存することなく駆動電圧を低減することが可能な光導波路素子を得るべく、鋭意検討を重ねた。図2は、図1に示す光導波路素子10の信号電極4と、接地電極5-1及び5-2との間に印加した電圧によって生じる電界分布をシュミレーションした図である。図中の数字7は前記電界分布の電気力線を表している。

【0010】図2から明らかなように、上記電極間に電圧を印加することによって生じる電界、すなわち電場は、光導波路3-1及び3-2に集中することなく、大部分が基板1内部へ漏洩している。このため、上記電極間に印加している電圧の相当程度が光波の変調に寄与していないことが判明した。したがって、本発明者らは、前記電場を光導波路3-1及び3-2に集中させるべ

く、検討を行った。その結果、基板1の信号電極4並びに接地電極5-1及び5-2が位置する部分に、溝部を形成することにより、前記電場が光導波路3-1及び3-2に集中することを見出した。

【0011】図3は、本発明の光導波路素子の一例を示す断面図であり、図4は、同構成における電界分布をシュミレーションした図である。なお、本発明の特徴を明確に説明すべく、図3及び4においては、特に信号電極幅及び接地電極幅を拡大して描いている。図3及び4に示す光導波路素子20は、信号電極14並びに接地電極15-1及び15-2が位置する基板11内において、溝部16-1～16-3が形成されている以外は、図1及び2に示す光導波路素子10と同様の構成を有している。

【0012】図3及び4から明らかなように、信号電極14並びに接地電極15-1及び15-2の下方において溝部を形成すると、信号電極及び接地電極の基板側に露出する部分の割合が減少する。そして、溝部16-1～16-3内は空洞であって、その部分の誘電率は空気の誘電率(=1)と等しい。

【0013】したがって、信号電極14並びに接地電極15-1及び15-2に外部電源から電圧を印加すると、電気力線17は信号電極14の端部14A及び14Bから出て、接地電極15-1及び15-2の端部15-1A及び15-2Aに入るようになる。すなわち、基板11よりも低い誘電率である溝部の部分は、電場が通過しなくなる。このため、電気力線が光導波路13-1及び13-2を集中して通過するようになる。これにより、上記電極間に印加した電圧(駆動電圧)の、光波の変調に使用される割合が増加するので、従来よりも小さい印加電圧で光波の変調を行うことができる。

【0014】以上の説明から明らかなように、本発明によれば、信号電極と接地電極との間隔を何ら変化させなくとも、駆動電圧を低減することができる。よって、インピーダンス整合や光波の干渉防止と実質上独立させて駆動電圧を低減することができる。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、本発明を図面を参照しながら、発明の実施の形態に基づいて詳細に説明する。本発明の光導波路素子は、図3及び4に示す光導波路素子20のように、溝部16-1が信号電極14の幅方向の、実質的に中央部分に形成されていることが好ましい。これによって、信号電極14の端部14A及び14Bから等しく電気力線が出て、等しい電場強度で光導波路13-1及び13-2を通過し、接地電極15-1及び15-2の端部15-1A及び15-1Bに入るようになる。したがって、光導波路13-1又は13-2を導波する光波を等しく変調することができる。このため、特にデュアルタイプの光変調器として本発明の光導波路素子を好適に使用することができるようになる。

【0016】また、溝部16-1～16-3の深さは、溝部の形成工程を簡略化すべく、それぞれ均一に形成されることが好ましい。溝部16-1～16-3は、所定のマスクを用いたエッチングやレーザ加工、及びマイクロ制御の機械旋削などによって形成することができる。

【0017】また、本発明の光導波路素子においては、前記のようにして信号電極及び接地電極が位置する部分において形成した溝部の少なくとも一つに対し、基板を構成する強誘電体結晶よりも誘電率の低い低誘電体材料を充填することもできる。この場合においても、信号電極及び接地電極間に発生する電気力線は、誘電率の低い低誘電体材料が充填された部分を通過しなくなり、図4に示すように、光導波路を集中して通過するようになる。したがって、従来よりも低い印加電圧で光波の変調を行うことができる。

【0018】さらに、前記溝部が低誘電体材料で充填されることによって、基板自体の強度が増加するため、光導波路素子のハンドリングを容易に行うことができる。また、光導波路素子のハンドリングの観点から、基板の強度をある程度の大きさに保持する必要がある場合、基板に形成する溝部の大きさはある程度の範囲に制限され、駆動電圧の低減にある程度の制限が課されてしまう。しかしながら、低誘電体材料を溝部に充填することによって、基板自体の強度を相当程度大きく保持することができる。このため、溝部の大きさの自由度が増し、より大きな駆動電圧の低減が可能となる。

【0019】溝部内に低誘電体材料を充填する方法としては、例えば、前記溝部に相当する部分に開口部を有するマスクを用い、スパッタリング法やCVD法などにより前記マスクを介して成膜することなどによって行う。

【0020】基板11は、強誘電体単結晶のXカット板からなることが必要である。Xカット板以外の、例えば強誘電体単結晶のZカット板から基板11を構成する場合は、本発明のような構成を採らなくとも駆動電圧を低減することができる。何故ならば、基板としてZカット板を用いた場合は、有効な磁界分布を得るなどの理由から信号電極の下方に各光導波路が位置するような構成を採用する。したがって、信号電極から出る電気力線は必然的に光導波路を通過して接地電極に入る。このため、電極間に印加する電圧の、光導波路を導波する光波の変調に寄与する割合が増加し、駆動電圧を低減することができるからである。

【0021】基板11を構成する強誘電体単結晶としては、 $\text{LiNbO}_3$ 、 $\text{LiTaO}_3$ 、PLZT(ジルコン酸チタン酸鉛ランタン)を例示することができる。また、上記低誘電体材料としては、基板11を構成する上記のような強誘電体単結晶よりも誘電率の低い材料からなることが必要である。具体的には、 $\text{SiO}_2$ 、テフロン、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 及びガラスなどを挙げることができる。

【0022】図3及び4に示す本発明の光導波路素子2

0において、外部電源とのインピーダンス整合を採る場合は、従来のように信号電極と接地電極との間隔のみならず、溝部16-1~16-3の幅をも制御して行うことが必要である。なぜならば、溝部16-1~16-3などの幅は、信号電極14の端部14A及び14Bから出て接地電極15-1及び15-2の端部15-1A及び15-2Aに入る電気力線の密度、すなわち電界分布に影響を与えるためである。

【0023】このように駆動電圧の大小に影響を与える溝部16-1~16-3の幅などは、實際上、光導波路素子のインピーダンス整合にも影響を及ぼす。しかしながら、第1義的に駆動電圧を所定の値にまで低減するように溝部の幅などを決定し、その後に電極間隔を変化させてインピーダンス整合を採ることにより、実質上両者を独立させて制御することが可能となる。

【0024】

【実施例】以下、実施例に基づいて本発明を具体的に説明する。

#### 実施例1

本実施例においては、図3及び4に示すような基板11に溝部16-1~16-3を形成してなる光導波路素子20を作製した。基板11には、 $\text{LiNbO}_3$ のXカット板を用いた。そして、この基板11内にTi熱拡散法により幅7 $\mu\text{m}$ の光導波路13-1及び13-2を形成した。次いで、 $\text{SiO}_2$ からなるバッファ層12を厚さ1.6 $\mu\text{m}$ に形成した。次いで、金属マスクにより、バッファ層12が加工されないようにして基板11表面をECRエッチング加工し、溝部から突出する電極幅tが3 $\mu\text{m}$ となるように溝部16-1~16-3を形成した。次いで、メッキ法及び蒸着法を併用してAuからなる信号電極14及び接地電極15-1及び15-2を厚さ20 $\mu\text{m}$ に形成した。なお、信号電極14の幅Tは20 $\mu\text{m}$ であった。このようにして形成した光導波路素子20に外部電源から電圧を印可して駆動電圧を調べたところ約6Vであった。

#### 【0025】実施例2

本実施例においては、図3及び4に示すような基板11の溝部16-1~16-3に低誘電体材料を充填してなる光導波路素子を作製した。実施例1と同様の基板を用い、実施例1と同様にして光導波路13-1及び13-2、並びにバッファ層12、さらには、溝部16-1~16-3を形成した。次いで、真空蒸着によって $\text{SiO}_2$ からなる低誘電体材料を溝部16-1~16-3に充填した。次いで、実施例1と同様にして信号電極14及び接地電極15-1及び15-2を形成した。このようにして形成した光導波路素子20に外部電源から電圧を印加して駆動電圧を調べたところ、約6.5Vであっ

た。

#### 【0026】比較例

本比較例は、上記実施例において溝部を形成しなかった以外は上記同様にして、同形状及び同寸法の光導波路素子を形成した。得られた光導波路素子に外部電源から電圧を印加して駆動電圧を調べたところ約8Vであった。以上実施例及び比較例から明らかなように、本発明の光導波路素子は駆動電圧が極めて低いことが分かる。

【0027】以上、具体例を挙げながら発明の実施の形態に則して本発明を具体的に説明してきたが、本発明は上記内容に限定されるものではなく、本発明の範疇を逸脱しない限りにおいてあらゆる変更や変形が可能である。例えば、溝部を基板内に形成する代わりに、信号電極及び接地電極の下部に形成することも可能である。また、基板と信号電極及び接地電極の下部との双方に溝部を形成することも可能である。

#### 【0028】

【発明の効果】本発明の光導波路素子は、信号電極及び接地電極が位置する部分の基板内に溝部を形成し、これら電極間に印加された電圧によって形成される電場が光導波路に集中するようにしている。したがって、光導波路素子の駆動電圧の低減が可能となる。また、電極間隔を狭くすることなく駆動電圧の低減が可能となるため、光導波路が接近することによる光波の干渉や、インピーダンス整合を妨げる事なく、これらと実質上独立させて駆動電圧を低減することが可能となる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 従来の光導波路素子の一例を示す断面図である。

【図2】 図1に示す光導波路素子の電界分布を示す図である。

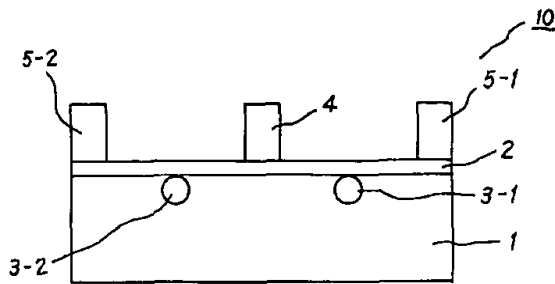
【図3】 本発明の光導波路素子の一例を示す断面図である。

【図4】 図3に示す光導波路素子の電界分布を示す図である。

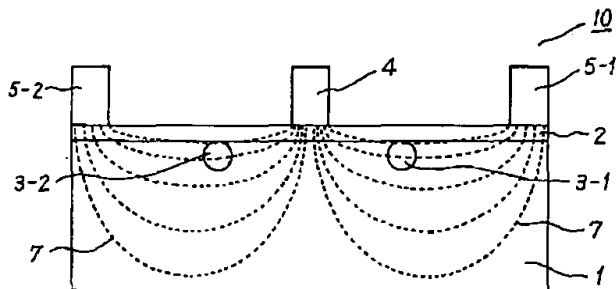
#### 【符号の説明】

- 1、11 基板
- 2、12 バッファ層
- 3-1、3-2、13-1、13-2 光導波路
- 4、14 信号電極
- 14A、14B 信号電極の端部
- 5-1、5-2、15-1、15-2 接地電極
- 7、17 電気力線
- 10、20 光導波路素子
- 15-1A、15-2A 接地電極の端部
- 16-1、16-2、16-3 溝部

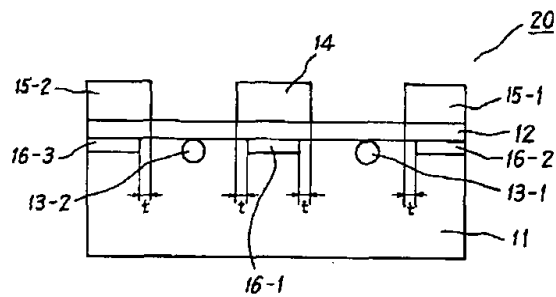
【図1】



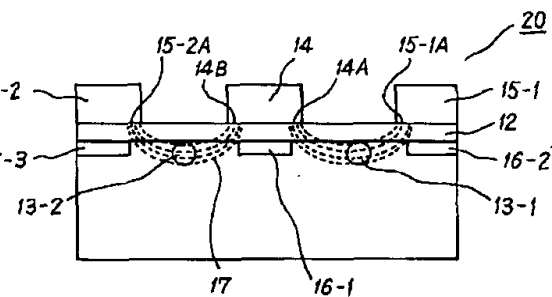
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 及川 哲

千葉県船橋市豊富町585番地 住友大阪セ  
メント株式会社新規技術研究所内

(72)発明者 宮崎 徳一

千葉県船橋市豊富町585番地 住友大阪セ  
メント株式会社新規技術研究所内

Fターム(参考) 2H047 NA02 QA03 RA08 TA00

2H079 AA02 AA12 BA01 BA03 CA05

DA03 DA22 EA03 EA21 EB05

HA12

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

## DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to the optical waveguide device which can be used suitable for the waveguide type light intensity-modulation machine used for high speed and mass optical fiber communication system, a phase modulator, a polarization scrambler, etc. in more detail about an optical waveguide device.

[0002]

[Description of the Prior Art] LiNbO<sub>3</sub> which has the electro-optical effect so that it may be represented by the external modulator with progress of high speed and mass optical fiber communication system in recent years The high-speed modulator used for the substrate is put in practical use, and it is used widely.

[0003] Drawing 1 is a cross section of the conventional optical waveguide device used for the above high-speed optical modulators. The optical waveguide device 10 shown in drawing 1 is equipped with the optical waveguide 3-1 formed in the substrate 1 which has the electro-optical effect, and the substrate 1, and 3-2. Furthermore, the optical waveguide device 10 is equipped with the buffer layer 2 formed on the substrate 1, the signal electrode 4 formed on the buffer layer 2, and a grounding electrode 5-1 and 5-2.

[0004] The substrate 1 consists of X cut boards of a ferroelectric single crystal. Moreover, an optical waveguide 3-1 and 3-2 are formed so that it may be located between a signal electrode 4 and a grounding electrode 5-1 and between a signal electrode 4 and a grounding electrode 5-2, respectively. Furthermore, an optical waveguide 3-1 and 3-2 constitute the nothing and Mach-Zehnder type optical waveguide for the pair mutually. And the phase of the light wave which guides the inside of an optical waveguide 3-1 and 3-2 is changed, and it is made to perform light modulation by impressing predetermined voltage (driver voltage) from an external power between a signal electrode 4, a grounding electrode 5-1, and 5-2.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] When performing light modulation at high speed, it is necessary to impress high driver voltage especially between a signal electrode 4, a grounding electrode 5-1, and 5-2. For this reason, the signal electrode 4, the grounding electrode 5-1, and the interval of 5-2 were narrowed, and the method of reducing driver voltage has been taken. However, when these electrode spacings were narrowed, the optical waveguide 3-1 and the interval of 3-2 also became narrow, and had the case where the light wave which guides the inside of these waveguides interfered mutually.

[0006] Furthermore, since the impedance of the above-mentioned external power is generally 50ohms, the impedance of an optical waveguide device 10 also needs to take impedance matching according to this. And in order to take impedance matching, the signal electrode 4, the grounding electrode 5-1, and the interval of 5-2 had to be extended to some extent. Thus, since interference prevention of a fall and impedance matching of driver voltage, and a light wave had the relation which conflicts mutually, there

was a certain amount of limitation in making the above-mentioned electrode spacing small and reducing driver voltage.

[0007] this invention aims at offering the optical waveguide device which can reduce driver voltage independently on impedance matching, and interference prevention and parenthesis of a light wave.

[0008]

[Means for Solving the Problem] The optical waveguide device of this invention is equipped with the substrate which has the electro-optical effect, the optical waveguide formed in this substrate, and the signal electrode and grounding electrode for controlling the light wave which guides the inside of this optical waveguide. While the aforementioned substrate consists of an X cut board of a ferroelectric single crystal, the aforementioned optical waveguide is formed between the aforementioned signal electrode and the aforementioned grounding electrode. And it is characterized by forming a slot in the portion in which the aforementioned signal electrode and the aforementioned grounding electrode of the aforementioned substrate are located.

[0009] This invention persons repeated examination wholeheartedly to obtain the optical waveguide device which can reduce driver voltage, without being dependent on impedance control, interference of a light wave, etc. Drawing 2 is drawing which carried out the simulation of the electric-field distribution produced with the voltage impressed between the signal electrode 4 of the optical waveguide device 10 shown in drawing 1, and a grounding electrode 5-1 and 5-2. The number 7 in drawing expresses the line of electric force of the aforementioned electric-field distribution.

[0010] Most has revealed the electric field produced by impressing voltage to the above-mentioned inter-electrode one, i.e., electric field, to the substrate 1 interior, without concentrating on an optical waveguide 3-1 and 3-2 so that clearly from drawing 2. For this reason, it became clear that the considerable grade of the voltage currently impressed to the above-mentioned inter-electrode one has not contributed to the modulation of a light wave. Therefore, this invention persons inquired that the aforementioned electric field should be centralized on an optical waveguide 3-1 and 3-2. Consequently, it found out that the aforementioned electric field concentrated on the portion in which the signal electrode 4 of a substrate 1, a grounding electrode 5-1, and 5-2 are located by forming a slot an optical waveguide 3-1 and 3-2.

[0011] Drawing 3 is the cross section showing an example of the optical waveguide device of this invention, and drawing 4 is drawing which carried out the simulation of the electric-field distribution in this composition. In addition, especially in drawing 3 and 4, signal-electrode width of face and grounding-electrode width of face are expanded and drawn that the feature of this invention should be explained clearly. The optical waveguide device 20 shown in drawing 3 and 4 has the same composition as the optical waveguide device 10 shown in drawing 1 and 2, except that the slot 16-1 to 16-3 is formed in the signal electrode 14, the grounding electrode 15-1, and the 15 substrate 11 in which -2 is located.

[0012] If a signal electrode 14, a grounding electrode 15-1, and 15-2 set caudad and a slot is formed so that clearly from drawing 3 and 4, the rate of the portion exposed to the substrate side of a signal electrode and a grounding electrode will decrease. And the inside of slot 16-1 - 16-3 is a cavity, and the dielectric constant of the portion is equal to the dielectric constant (=1) of air.

[0013] Therefore, if voltage is impressed to a signal electrode 14, a grounding electrode 15-1, and 15-2 from an external power, line of electric force 17 will come out from the edges 14A and 14B of a signal electrode 14, and will come to go into edge 15-1A and 15-2A of a grounding electrode 15-1 and 15-2. That is, electric field will not pass the portion of the slot which is a low dielectric constant rather than a substrate 11. For this reason, line of electric force concentrates an optical waveguide 13-1 and 13-2, and it comes to pass. Since the rate used for the modulation of a light wave of the voltage (driver voltage) impressed to the above-mentioned inter-electrode one by this increases, a light wave can be modulated with applied voltage smaller than before.

[0014] Driver voltage can be reduced even if it does not change the interval of a signal electrode and a grounding electrode in any way according to this invention so that clearly from the above explanation. Therefore, it can be made to be able to become independent of interference prevention of impedance matching or a light wave on parenthesis, and driver voltage can be reduced.

[0015]

[Embodiments of the Invention] Hereafter, this invention is explained in detail based on the gestalt of implementation of invention, referring to a drawing. As for the optical waveguide device of this invention, it is desirable that the slot 16-1 is formed in a part for a center section substantially [ of the cross direction of a signal electrode 14 ] like the optical waveguide device 20 shown in drawing 3 and 4. By this, line of electric force comes out equally from the edges 14A and 14B of a signal electrode 14, an optical waveguide 13-1 and 13-2 are passed by the equal electric field strength, and it comes to go into edge 15-1A and 15-1B of a grounding electrode 15-1 and 15-2. Therefore, the light wave which guides an optical waveguide 13-1 or 13-2 can be modulated equally. For this reason, the optical waveguide device of this invention can be especially used now suitably as a dual type optical modulator.

[0016] Moreover, as for the depth of a slot 16-1 to 16-3, being formed in homogeneity, respectively is [ that the formation process of a slot should be simplified ] desirable. A slot 16-1 to 16-3 can be formed by etching using the predetermined mask, laser beam machining, machine lathe turning of micro control, etc.

[0017] Moreover, in the optical waveguide device of this invention, it can also be filled up with the low dielectric materials of a dielectric constant rather than the ferroelectric crystal which constitutes a substrate to at least one of the slots formed in the portion in which signal-electrode \*\*\*\*\* is located as it is the above. Also in this case, as the portion with which the low dielectric materials of a dielectric constant were filled up is not passed and it is shown in drawing 4 , an optical waveguide is concentrated and it comes to pass the line of electric force generated between a signal electrode and a grounding electrode. Therefore, a light wave can be conventionally modulated with low applied voltage.

[0018] Furthermore, since the intensity of the substrate itself increases by filling up the aforementioned slot with low dielectric materials, an optical waveguide device can be handled easily. Moreover, from a viewpoint of handling of an optical waveguide device, when the intensity of a substrate needs to be held in a certain amount of size, the size of the slot formed in a substrate will be restricted to a certain amount of range, and a certain amount of limit will be imposed on reduction of driver voltage. however, the thing for which a slot is filled up with low dielectric materials -- the intensity of the substrate itself -- a considerable grade -- it can hold greatly For this reason, the reduction of increase and bigger driver voltage of the flexibility of the size of a slot is attained.

[0019] It carries out by forming membranes through the aforementioned mask as a method filled up with low dielectric materials in a slot, for example using the mask which has opening by the sputtering method, CVD, etc. into the portion equivalent to the aforementioned slot etc.

[0020] X cut board of a ferroelectric single crystal to a bird clapper is required for a substrate 11. When it constitutes a substrate 11 other than X cut board (for example, Z cut board of a ferroelectric single crystal), driver voltage can be reduced even if it does not take composition like this invention. Because, when Z cut board is used as a substrate, composition of a signal electrode in which each optical waveguide is located caudad is adopted from the reasons of obtaining an effective magnetic field distribution. Therefore, the line of electric force which comes out of a signal electrode passes an optical waveguide inevitably, and goes into a grounding electrode. For this reason, it is because the rate which contributes to the modulation of the light wave which guides the optical waveguide of the voltage impressed to inter-electrode increases and driver voltage can be reduced.

[0021] As a ferroelectric single crystal which constitutes a substrate 11, LiNbO<sub>3</sub>, LiTaO<sub>3</sub>, and PLZT (PZT lanthanum) can be illustrated. Moreover, as the above-mentioned low dielectric materials, the low material of a dielectric constant to a bird clapper is more nearly required than the above ferroelectric single crystals which constitute a substrate 11. Specifically, they are SiO<sub>2</sub>, Teflon, and aluminum 2O<sub>3</sub>. And glass etc. can be mentioned.

[0022] In the optical waveguide device 20 of this invention shown in drawing 3 and 4, when taking impedance matching with an external power, it is required to carry out by controlling not only the interval of a signal electrode and a grounding electrode but the width of face of a slot 16-1 to 16-3 like



before. Because, the width of face of a slot 16-1 to 16-3 etc. is for affecting the density of the line of electric force which comes from the edges 14A and 14B of a signal electrode 14, and goes into edge 15-1A and 15-2A of a grounding electrode 15-1 and 15-2, i.e., an electric-field distribution.

[0023] Thus, the width of face of the slot 16-1 to 16-3 which affects the size of driver voltage etc. also affects the impedance matching of an optical waveguide device in practice. However, it becomes possible by determining that the width of face of a slot etc. will reduce driver voltage even to a predetermined value in the 1st \*\*, changing an electrode spacing after that, and taking impedance matching to make parenchyma top both become independent and to control.

[0024]

[Example] Hereafter, based on an example, this invention is explained concretely.

In example 1 this example, the optical waveguide device 20 which comes to form a slot 16-1 to 16-3 in the substrate 11 as shown in drawing 3 and 4 was produced. In a substrate 11, it is LiNbO<sub>3</sub>. X cut board was used. And the optical waveguide 13-1 with a width of face of 7 micrometers and 13-2 were formed by Ti thermal diffusion method in this substrate 11. subsequently, SiO<sub>2</sub> from -- the becoming buffer layer 12 was formed in 1.6 micrometers in thickness. Subsequently, as a buffer layer 12 was not processed with a metal mask, efficient consumer response etching processing of the substrate 11 front face was carried out, and the slot 16-1 to 16-3 was formed so that the electrode width of face t which projects from a slot might be set to 3 micrometers. Subsequently, the signal electrode 14 which uses plating and a vacuum deposition together and consists of Au, a grounding electrode 15-1, and 15-2 were formed in 20 micrometers in thickness. In addition, the width of face T of a signal electrode 14 was 20 micrometers. Thus, when the seal of approval of the voltage was carried out to the formed optical waveguide device 20 from the external power and driver voltage was investigated, it was abbreviation 6V.

[0025] In example 2 this example, the optical waveguide device which comes to fill up the slot 16-1 to 16-3 of the substrate 11 as shown in drawing 3 and 4 low dielectric materials was produced. An optical waveguide 13-1, 13-2 and the buffer layer 12, and the further formed the slot 16-1 to 16-3 like the example 1 using the same substrate as an example 1. subsequently, vacuum deposition -- SiO<sub>2</sub> from -- the slot 16-1 to 16-3 was filled up with the becoming low dielectric materials. Subsequently, a signal electrode 14, a grounding electrode 15-1, and 15-2 were formed like the example 1. Thus, when voltage was impressed to the formed optical waveguide device 20 from the external power and driver voltage was investigated, it was about 6.5V.

[0026] The example of the example book comparison of comparison formed the optical waveguide device of the shape of isomorphism, and this size like the above except having not formed a slot in the above-mentioned example. When voltage was impressed to the \*\*\*\*\* optical waveguide device from the external power and driver voltage was investigated, it was abbreviation 8V. Above, the optical waveguide device of this invention is understood that driver voltage is very low so that clearly from an example and the example of comparison.

[0027] As mentioned above, although it \*\* in the gestalt of implementation of invention and this invention has been explained concretely, giving an example, unless it is not limited to the above-mentioned content and deviates from the criteria of this invention, all change and deformation are possible for this invention. For example, it is also possible to form in the lower part of a signal electrode and a grounding electrode instead of forming a slot in a substrate. Moreover, it is also possible to form a slot in both sides with the lower part of a substrate, a signal electrode, and a grounding electrode.

[0028]

[Effect of the Invention] It is made for the electric field which form a slot in the substrate of the portion in which a signal electrode and a grounding electrode are located, and are formed of the voltage impressed to inter-electrode [ these ] to concentrate the optical waveguide device of this invention on an optical waveguide. Therefore, reduction of the driver voltage of an optical waveguide device is attained. Moreover, since reduction of driver voltage is attained without narrowing an electrode spacing, it becomes possible interference of the light wave by an optical waveguide approaching, and to make it become independent of these on parenchyma, and to reduce driver voltage, without barring impedance

PAT-NO: JP02001033740A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2001033740 A  
TITLE: OPTICAL WAVEGUIDE ELEMENT  
PUBN-DATE: February 9, 2001

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
SHIMOZU, SHINICHI	N/A
SAITO, TSUTOMU	N/A
OIKAWA, SATORU	N/A
MIYAZAKI, TOKUICHI	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
SUMITOMO OSAKA CEMENT CO LTD	N/A

APPL-NO: JP11202488

APPL-DATE: July 16, 1999

INT-CL (IPC): G02F001/035, G02B006/12

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical waveguide element reducing a drive voltage substantially independently of impedance matching and interference protection of a light wave.

SOLUTION: This optical waveguide element 20 is provided with a substrate 11 having an electrooptical effect, optical waveguides 13-1 and 13-2 formed on the substrate and a signal electrode 14 and ground electrodes 15-1 and 15-2 for controlling a light wave through the optical waveguide. The substrate 11 consists of an X cut plate of a ferroelectric single crystal, and the optical waveguides 13-1 and 13-2 constitute the Mach-Zehnder type optical waveguides, and are formed between the signal electrode 14 and the ground electrodes 15-1, 15-2. Then, groove parts 16-1 to 16-3 are formed on the parts of the substrate 11 where the signal electrode 14 and the ground electrodes 15-1, 15-2 are placed.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO